

Continuous wave of obturation technique에서 플러거의 다양한 적용 깊이에 따른 근단부 폐쇄효율 비교

이상진 · 박정길 · 허 복 · 김현철*
부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

ABSTRACT

COMPARISON OF APICAL SEALING EFFICACIES USING DIFFERENT PLUGGING DEPTH IN CONTINUOUS WAVE OF OBTURATION TECHNIQUE

Sang-Jin Lee, Jeong-Kil Park, Bock Hur, Hyeon-Cheol Kim*

*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry,
Pusan National University, Busan, Korea*

The purpose of this study was to compare apical sealing ability of continuous wave canal filling technique according to various heat source plugging depths.

Eighty one extracted human premolars with straight root were cleaned and shaped to size 35 using .06 taper rotary NiTi file. After cleansing and shaping, the teeth were divided into 5 groups following the heat source probing depths from the apex; 3, 4, 5, 6 and 7 mm. All specimens were filled using E&Q plus with #35 / .06 tapered gutta-percha cone. The positive control teeth were not filled. All teeth were coated with nail varnish except the apical 1 mm around the apical foramen. Negative control teeth were completely sealed include the apical foramen. All specimens were immersed in 1% methylene blue solution for 72 hours. Then the specimens were sectioned horizontally at 1, 2 and 3 mm from the root apex. Each sectioned surface was photographed using a digital camera attached to the stereomicroscope at 12.5 × 2.5 fold magnification. All points at 1, 2 and 3 mm were summed as final score of one specimen. Statistical analysis of the collected data was performed.

Under the condition of this study, there was no significant difference between the heat source plugging depths of 3, 4, 5, 6 and 7 mm in apical sealing ability. All of apical heat source plugging depth from 3 to 7 mm including Buchanan's protocol -from 5 to 7 mm- seems to be acceptable in clinical application. [J Kor Acad Cons Dent 32(6):491-497, 2007]

Key words: Continuous wave of obturation technique, dye leakage, heat source, plugging depth

- Received 2007.9.13., revised 2007.9.30., accepted 2007.10.19.-

I . 서 론

* Corresponding Author: *Hyeon-Cheol Kim*

*Department of Conservative Dentistry
School of Dentistry, Pusan National University,
10, 1ga, Ami-Dong, Seo-Gu, Busan, 602-739, Korea
Tel: 82-51-240-7978 Fax: 82-51-528-8105
E-mail: golddent@pusan.ac.kr*

성형과 세정이 완료된 근관의 충전은 세균이 근관으로 침투하는 것을 예방하고 재균집화하여 증식하는 것을 방지한다. 근관충전에서 적절한 밀폐와 완전한 봉쇄는 근관치료의 실패 가능성을 최소한으로 줄인다^{1,2)}. 측방 근관, fin,

isthmus, apical delta 등 근관계의 복잡한 구조때문에 완전한 밀봉을 통한 전 근관계의 삼차원적 충전이 어렵다³⁾. 일반적으로 측방가압법은 spreader를 이용하여 많은 gutta-percha point를 근침부에 가압하여 긴밀한 근침부 밀봉을 제공하는 이점이 있다. 그러나, 측방가압법의 주요 단점은 cold gutta-percha cones이 근관벽에 부착되지 않는 것이다. 이는 특히 근관의 불규칙성이 존재할 때 더욱 부각된다^{3,4)}. 또 이러한 점이 근관치료의 실패 가능성을 높이는 것과도 관계된다⁵⁻⁷⁾.

이런 문제점을 극복하기 위해 Schilder는 온수직가압법을 소개하였다. 이 방법은 측방가압법보다 더 나은 근관 밀폐를 제공하지만 더 많은 시간과 기구의 사용이 요구되는 단점이 있다⁸⁻¹⁰⁾.

이러한 단점을 극복하기 위해, Buchanan은 1996년에 수직가압법의 변형된 기법인 Continuous Wave of Obturation Technique을 System B heat source (Analytic Technology, Redmond, WA, USA)와 함께 소개하였다¹¹⁾. 이 방법에서는 System B에 부착된 plugger (Buchanan plugger; Analytic technology, Redmond, WA, USA)를 이용하여 한번에 수직 가압하는 동작으로 충전이 가능하도록 하였다.

임상적으로, 이 기술을 사용할 때 plugging depth는 근침부에서의 효과적인 gutta-percha의 가압과 근침부의 밀봉을 얻는데 중요하다^{4,12)}. Buchanan¹¹⁾은 continuous wave of obturation technique에서 근관장보다 5~7 mm 짧은 plugger의 적용 깊이를 제안하였지만, Guess 등¹³⁾의 연구에서는 근관장에서 3.5~4.5 mm 떨어진 plugger 적용 깊이가 가장 좋은 결과를 나타냈다고 보고하였다. 그리고 각 제조사에서도 다양한 plugger의 적용 깊이를 제시하고 있다.

이 연구의 목적은 continuous wave of obturation technique에서 다양한 plugger의 적용 깊이에 따른 근침부의 밀폐능을 비교하는 것이다.

II. 재료 및 방법

직선적 치근을 가진 발거된 인간의 소구치를 실험에 사용하였다. #4 carbide round bur를 이용하여 근관 와동을 형성하고 안정적이고 일정한 근관장의 확보를 위해 교합면을 삭제하였다. #15 K-file을 근침 근단공에서 보일 때까지 삽입하고 이 길이에서 0.5 mm 짧게 근관장을 결정하였다. 토크 조절이 가능한 endodontic motor (X-smart; Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)를 이용하여 모든 근관을 성형하였다. 제조사의 지시에 따라 ProTaper (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)와 ProFile (Dentsply Maillefer,

Ballaigues, Switzerland)을 이용하여 crown down fashion으로 성형하였다. 각 파일의 사용 전후에 #10 K-file로 근침공을 통과시킴으로써 근침부 개방을 확인하였다. 근관 세척제로 성형 과정 동안 2.5% NaOCl을 사용하였다. #35 / .06 ProFile로 근침부 성형을 마무리하였다. 성형 후에 도말층을 제거하기 위해 17% EDTA solution (MD-Cleaner; Meta Biomed Co., Chungju, Korea)을 2분간 모든 근관에 적용하고 식염수로 세척하였다. 그리고 #35 크기의 paper point로 근관을 건조시켰다.

성형이 완료된 근관에 FM 크기의 plugger를 적용하여 근관장보다 3, 4, 5, 6 mm 그리고 7 mm 짧은 위치에서 적합되는 다섯 군의 근관으로 분류하였다. 각 군은 15개의 근관으로 구성되었고 모든 근관은 E & Q Plus (Meta Biomed Co., Chungju, Korea)를 이용하여 #35 / .06 크기의 master cones으로 충전하였다. 부가적인 여섯 개의 치근을 양성 대조군으로 3개씩 사용하였으며 성형과 세정만을 시행하고 충전하지 않았다.

Root canal sealer로 Adseal (Meta Biomed Co., Chungju, Korea)을 사용하였다. Gutta-Gauge (Dentsply Maillefer, Ballaigues, Switzerland)를 이용하여 master cones을 #35 크기로 계량한 후, sealer를 묻히고 근관장보다 0.5 mm 짧게 근관에 삽입하였다. Heat source plugger의 온도는 200℃로 조절하여 사용하였다¹²⁾. 사전에 시적한 근관장보다 1 mm 정도 짧게 도달되는 깊이에서 Plugger의 열발생을 멈추고 지속적으로 수직가압하였다. 근단부에 충전된 gutta-percha의 수축을 보상할 수 있도록 10초 정도 가압을 유지한 후, 순간 가열하며 plugger를 제거하였다. 충전된 근단부 gutta-percha는 hand plugger (S-Kondensor; Obtura Corporation, Fenton, MO, USA)를 이용하여 응축하고, 180℃로 조절된 E & Q plus gun system을 이용하여 back-filling하였다. Hand plugger를 이용하여 다시 응축한 다음 근관 와동을 glass-ionomer (Fuji II LC; GC, Tokyo, Japan)로 충전하였다.

음성 대조군을 제외한 모든 치아는 근단공의 근단부 1 mm를 제외하고 nail varnish를 충분히 도포하였다. 음성 대조군은 근단공을 포함하여 완전히 도포하였다. 그 후, 시편을 1% methylene blue 용액에 72시간 동안 보관하였다.

저속 핸드피스를 사용하여 충분한 주수 하에 fine diamond disk (Horico, Berlin, Germany)로 치근을 치근침으로부터 상부 1 mm, 2 mm, 3 mm의 위치에서 수평으로 절단하였다. 각 절단면을 stereomicroscope (OPMI pico; Carl Zeiss, Oberkochen, Germany)에서 12.5 × 2.5배 확대율로 관찰하고 그 상을 현미경에 부착된 digital camera (EOS350D; CANON, Japan)로 촬영하였다.

촬영된 사진을 1024 × 768 해상도의 컴퓨터 모니터

(SyncMaster CX1565N; Samsung, Suwon, Korea) 상에서 실험군에 대한 정보를 모르는 실험에 직접 참가하지 않은 두 명의 관찰자가 미세누출 점수를 부여하였다. 염색제의 침투를 평가하는데 Five-point scoring system을 사용하였으며 (Figure 1), 두 관찰자가 부여하는 점수가 일치되고 동의하는 경우에 결정하였다. 근관 경계에 염색제가 침투되지 않은 시편에 0점이 주어졌다. 염색제의 투과가 근관 벽의 1/4 이하인 경우에 0.25점, 1/4을 초과하여 1/2 이하인 경우 0.5점, 1/2을 초과하고 3/4 이하인 경우에 0.75점, 그리고 3/4을 초과하여 거의 모든 근관벽을 염색제가 투과한 경우 1점의 점수가 주어졌다. 치근단으로부터

1 mm, 2 mm 및 3 mm의 절단면에서 부여된 모든 점수를 합산하여 각 시편의 점수로 결정하였다.

수집된 데이터는 SPSS version 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 유의확률 95%에서 Kruskal-Wallis test를 시행하였다.

Ⅲ. 결 과

Five-point scoring system을 이용하여 염색제 누출에 따른 시편의 점수를 부여한 견본을 Figure 2에 나타냈다.

염색제 누출을 비교한 결과, 근관장에서 3 mm 짧게 plug-

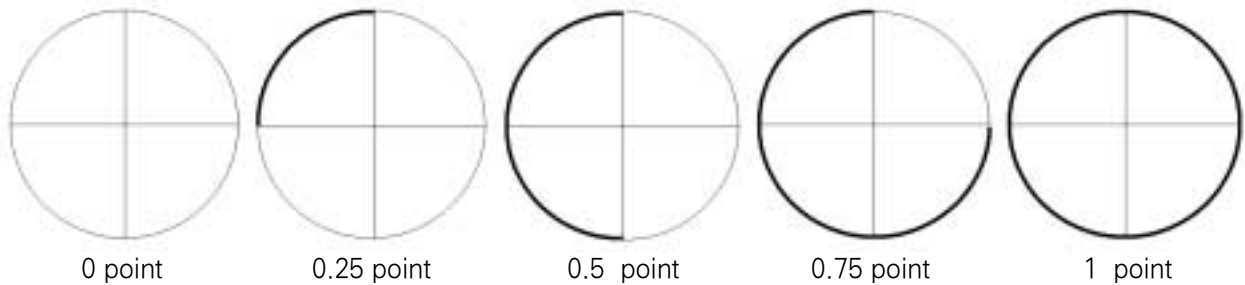


Figure 1. Five-point scoring system at each level: Bold line means the dye leakage area.

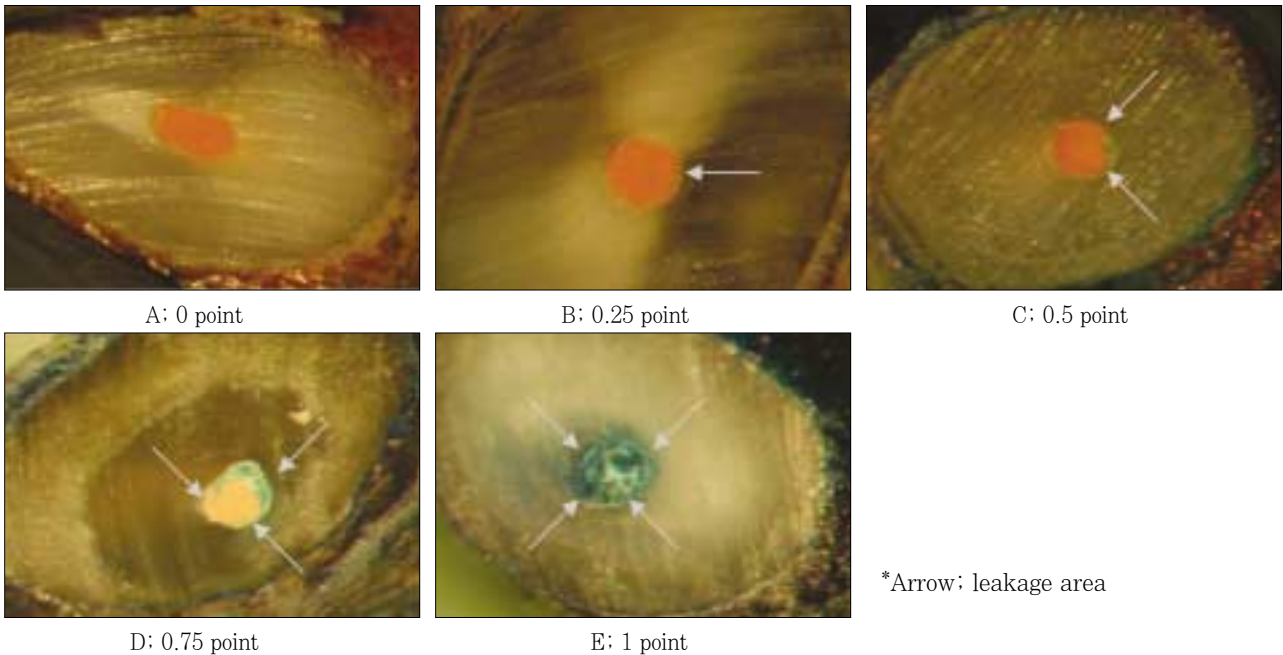


Figure 2. Representative samples of each degree according to Five-point scoring system.

A: 2 mm level of the specimen of 3 mm plugging depth
C: 1 mm level of the specimen of 6 mm plugging depth
E: 1 mm level of a specimen of positive control group

B: 3 mm level of the specimen of 5 mm plugging depth
D: 1 mm level of the specimen of 7 mm plugging depth

Table 1. Dye leakage score

Heat Source Plugging Depth	N	Mean	SD
3	15	0.133	.0480
4	15	0.183	.0667
5	15	0.171	.0530
6	15	0.250	.0711
7	15	0.250	.1643
Total	75	0.198	.0272

Positive control group showed 3 point (maximum) in all specimen (n = 3).

Negative control group showed 0 point in all specimen (n = 3).

ger를 적용한 군에서 가장 낮은 누출 점수가 나타났고 6 mm 와 7 mm 깊이를 사용한 군에서 높은 누출 점수가 나타났다. 그러나 모든 plugger의 적용 깊이 간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 ($P > 0.05$, Table 1).

IV. 고 찰

특히 근첨부에서 완전한 밀폐를 얻는 것은 근관치료의 장 기간간후 가장 중요한 요소 중 하나이다^{1,2)}. 전술한 것처럼 근관 벽에 gutta-percha가 잘 밀착될 수 있도록 하는 많은 충전 방법이 소개되었다. 근래에 continuous wave of obturation technique은 치근 주위의 열자극에 관한 주의를 필요로 함에도^{10,11,14)} 삼차원적인 근관충전을 얻기 위한 효과적인 방법으로 더욱 사용이 증가되고 있다.

가열된 plugger가 삽입되는 깊이는 온수직가압법에서는 물론 continuous wave of obturation technique에서도 근관 폐쇄를 높이기 위한 요소로 중요하다^{1,4,12)}. 이 방법에서도 훌륭한 밀폐를 이루기 위해서는 gutta-percha master cone이 반드시 근관 벽의 형태를 따라 적합 될 수 있도록 충분히 연화된 상태여야 한다. Diemer 등¹⁵⁾은 continuous wave of obturation technique에서, heat source plugger가 가압 전에 gutta-percha가 식는 것을 줄인다고 하였으며, 이는 치근단 방향으로 가압하는 과정 동안에 gutta-percha가 근단부로 보다 더 잘 흐를 수 있게 도와주는 것으로 보인다. Buchanan은 이러한 점이 가열 시간, 적용 시간, 삽입 깊이에 의존된다고 하였다^{11,12)}.

가열된 plugger가 근관에 더 깊이 들어갈수록 gutta-percha에 더 많은 열이 가해지게 되고 근관과 근관의 불규칙한 형태에 보다 더 용이하게 적합 될 수 있게 한다^{4,16,17)}. Schilder¹⁾와 Yared 등¹⁸⁾에 따르면, 열 전달이 용이하도록 plugger를 근관장 보다 5 mm 이내로 가능한 깊게 들어갈 수 있게 해야 한다고 하였다. Weller 등¹⁶⁾의 연구에서는 plug-

ger가 근관장 보다 3 mm 이상 멀리 삽입되면, master cone이 근첨부에서 적합 되지 않는다고 보고하였다. Smith 등⁴⁾도 근관장보다 3 mm 이내로 짧게 열을 적용해야 master cone을 연화시켜 근관벽에 잘 적합 될 수 있게 한다고 보고하였다. 그리고 이들은 온수직가압법을 이용하여 열을 적용하는 깊이(3, 4, 5 and 7 mm)가 각각 유의한 차이를 나타낸다고 보고하였으며, 깊게 열이 적용될수록 근관벽에 gutta-percha가 적합 되는 질이 높아진다고 하였다. 이것은 Bowman과 Baumgartner의 연구¹⁹⁾에 의해 다시 검증되었다.

연구자 혹은 제조사마다 continuous wave of obturation technique에서 추천되는 plugging depth가 차이가 있다. Continuous wave of obturation technique을 처음 발전시킨 Buchanan은 continuous wave technique에서 최상의 결과를 얻기 위해 근관장보다 5 mm에서 7 mm 짧은 heat source plugging depth를 추천하였다^{11,12)}. 이는 Yared와 Bou Dagher¹⁸⁾가 수직가압법에서 효과적인 gutta-percha의 가압과 빈틈없는 치근단 밀폐를 얻기 위해 plugger를 작업장으로부터 5 - 7 mm까지 삽입해야 한다고 한 것과 유사하다. 앞서 서론에서 언급했던 바와 같이, 일부 연구에서는 근관장으로부터 3.5 - 4.5 mm의 plugger depth에서 최상의 결과를 나타낸다고 보고하였다¹³⁾. E & Q Plus system의 제조사에서 권하는 plugging depth는 근관장에서 4 - 6 mm 짧은 길이이다.

이 연구의 계획 단계에서는 Smith 등⁴⁾이 보고했던 바와 같이 더 깊은 plugging depth가 보다 나은 gutta-percha의 흐름성을 형성하고 근관벽에 보다 빈틈없이 gutta-percha가 적합되어 미세 누출이 적을 것이라고 추정하였다. 실험 결과는 예상과 유사하게 나타났지만 모든 실험군간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

실험을 위해 가능한 직선적 치근을 가진 발거 치아를 선택하였지만 Guess 등¹³⁾의 연구에서 지적되었듯이, 근관 형태

를 임상적으로 측정할 수 없듯이 정확하게 조절할 수는 없었다. 근단부의 성형을 동일한 크기까지 조정하였으므로 근관의 모양 차이에 따라, plugger의 적용 깊이 차이가 결정되었다고 볼 수 있다. 이러한 차이가 염색제의 누출을 더 많이 초래하고 군간의 유의한 차이를 줄인 것으로도 해석이 가능할 것이다.

Venturi와 Breschi²⁰⁾는 continuous wave obturation unit를 사용한 근첨부의 충전 뒤에 수기구를 사용하여 수직가압하는 것은 gutta-percha의 근첨부 밀폐에 중요한 요소로 작용한다고 하였다. 수직가압을 하는 동안 더 많은 힘을 적용함으로써 근관 내 불규칙한 부분에 gutta-percha가 보다 잘 들어갈 수 있도록 한다. 이 연구에서도, 근단부 충전 후 수직가압을 위해 세가지 S-Kondensor 중에서 근단부에 충전된 gutta-percha의 절단 위치와 같은 깊이에 도달하는 것을 선택하여 수직가압을 충분히 하였다. 이러한 부가적인 가압이 근단부 누출을 최소화하고 각 군간의 유의한 차이를 최소화하였을 것으로 추정된다.

Sealer없이 가열된 gutta-percha만으로는 인상을 채득한 것과 같은 근관벽과의 긴밀한 적응을 얻을 수 없다^{21,22)}. 임상적으로, sealer는 미세누출을 줄이기 위해 근관충전법 방법과 관계없이 항상 사용된다. 이 연구에서는 예측시계 레진 sealer인 Adseal을 사용하였다. 이런 형태의 sealer는 상대적으로 높은 압축 강도를 가지며 상아질과 gutta-percha에 sealer가 더 잘 부착된다²³⁾. 최근 치관부 누출을 비교한 연구²⁴⁾에서 레진계 sealer의 일부는 sealer 자체만으로도 열가소성 gutta-percha만을 사용하거나 sealer와 함께 사용하여 backfill한 경우보다 치관부 미세누출을 더 잘 막아주었다고 하였다. 이렇게 레진계 sealer도 근관충전에서 미세누출 결과에 미치는 영향이 크다고 보인다²⁵⁾. 이 연구에서도 sealer의 훌륭한 밀폐력에 의해서도 plugger의 적용 깊이에 따른 근관 폐쇄력의 차이가 감소되었을 가능성도 배제할 수는 없다.

이 실험 과정에서, 모든 근관에 2.5% NaOCl과 17% EDTA 용액을 사용하였다. Baumgartner와 Mader²⁶⁾는 근관 형성 동안에 NaOCl과 EDTA의 사용이 도말층을 제거하는데 효과적이라고 보고하였다. Villegas 등²⁷⁾의 연구에서도 도말층의 제거는 상아질 벽에 sealer나 근관충전제의 침투에 있어 더 나은 결과를 가져온다고 하였다. 이러한 조건 역시 이 연구에서 각 군들간의 유의한 차이를 감소시키는 원인으로 생각된다.

Continuous wave of obturation technique에서 heated plugger의 삽입 깊이에 따른 비교 결과가 통계학적으로 유의한 차이가 없는 결과를 나타내었으나, 여러 변수를 더 통제된 비교 연구가 필요하며 임상적인 장기 연구 결과로도 비교 검증할 필요가 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

이 연구의 조건 하에서, continuous wave of obturation technique에서 3, 4, 5, 6 그리고 7 mm의 heat source plugger의 적용 깊이에 따른 치관단 밀폐 효율의 유의한 차이는 없었다. 근관장에서 5 mm - 7 mm 짧은 깊이까지의 plugger 적용 깊이를 권고하는 Buchanan's protocol을 포함하여 3 mm에서 7 mm사이의 모든 apical heat source plugger의 적용 깊이가 임상적으로 수용 가능할 만하다고 추정된다.

참고문헌

- Schilder H. Filling root canals in three dimensions. *Dent Clin North Am* 1:723-744, 1967.
- Dow PR, Ingle JI. Isotope determination of root canal failure. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 8:1100-1104, 1955.
- Weine FS. The enigma of the lateral canal. *Dent Clin North Am* 28:833-852, 1984.
- Smith RS, Weller RN, Loushine RJ, Kimbrough WF. Effect of varying the depth of heat application on the adaptability of gutta-percha during warm vertical compaction. *J Endod* 26:668-672, 2000.
- Khayat A, Lee SJ, Torabinejad M. Human saliva penetration of coronally unsealed obturated root canals. *J Endod* 19:458-461, 1993.
- Trope M, Chow E, Nissan R. In vitro endotoxin penetration of coronally unsealed endodontically treated teeth. *Endod Dent Traumatol* 11:90-94, 1995.
- Friedman S, Torneck CD, Komorowski R, Ouzounian Z, Syrtash P, Kaufman A. In vivo model for assessing the functional efficacy of endodontic filling materials and techniques. *J Endod* 23:557-561, 1997.
- Yared GM, Bou Dagher F. Sealing ability of the vertical condensation with different root canal sealers. *J Endod* 22: 6-8, 1996.
- Pommel L, Camps J. In Vitro apical leakage of system B compared with other filling techniques. *J Endod* 27:449-451, 2001.
- Lea CS, Apicella MJ, Mines P, Yancich PP, Parker MH. Comparison of the obturation density of cold lateral compaction versus warm vertical compaction using the continuous wave of condensation technique. *J Endod* 31:37-39, 2005.
- Buchanan LS. The Continuous wave of obturation technique: centered condensation warm gutta-percha in 12 seconds. *Dent Today* 15:60-62, 64-67, 1996.
- Buchanan LS. Continuous wave of condensation technique. *Endod Prac* 1:7-10, 13-16, 18, 1998.
- Guess GM, Edwards KR, Yang ML, Iqbal MK, Kim S. Analysis of Continuous-Wave Obturation Using a Single-cone and Hybrid Technique. *J Endod* 29:509-512, 2003.
- Kim YJ, Hwang YC, Kim SH, Hwang IN, Choi BY, Jeong YJ, Juhng WN, Oh WM. Analysis of temperature rise on the root surface during continuous wave of condensation technique. *J Kor Acad Cons Dent* 28:341-347, 2003.

15. Diemer F, Sinan A, Calas P. Penetration Depth of Warm Vertical gutta-percha pluggers: Impact of apical preparation. *J Endod* 32:123-126, 2006.
16. Weller RN, Kimbrough WF, Anderson RW. A comparison of thermoplastic obturation techniques: adaptation to the canal walls. *J Endod* 23:703-706, 1997.
17. Yared GM, Bou Dagher FE. Apical enlargement: influence on the sealing ability of the vertical compaction technique. *J Endod* 20:313-314, 1994.
18. Yared GM, Bou Dagher FE. Influence of plugger penetration on the sealing ability of vertical condensation. *J Endod* 21:152-153, 1995.
19. Bowman CJ, Baumgartner JC. Gutta-percha obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod* 28:220-223, 2002.
20. Venturi M, Breschi L. Evaluation of apical filling after warm vertical gutta-percha compaction using different procedures. *J Endod* 30:436-440, 2004.
21. Gutmann JL. Adaptation of injected thermoplasticized gutta-percha in the absence of the dentinal smear layer. *Int Endod J* 26:87-92, 1993.
22. Bradshaw GG, Hall A, Edmunds DH. The sealing ability of injection-moulded thermoplasticized gutta-percha. *Int Endod J* 22:17-20, 1989.
23. McComb D, Smith DC. Comparison of physical properties of polycarboxylate-based and conventional root canal sealers. *J Endod* 8:228-235, 1976.
24. Whitworth JM, Baco L. Coronal Leakage of Sealer-Only Backfill: An *In Vitro* Evaluation. *J Endod* 31:280-282, 2005.
25. 김성용, 이미정, 문장원, 이세준, 유미경. 근관 내 불규칙 확장 부에서 sealer 적용방법에 따른 충전 효과 평가. *대한치과보존학회지* 30:31-37, 2005.
26. Baumgartner JC, Mader CL. A scanning electron microscopic evaluation of four root canal irrigation regimens. *J Endod* 13:147-157, 1987.
27. Villegas JC, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Obturation of accessory canals after four different final irrigation regimes. *J Endod* 28:534-536, 2002.

국문초록

Continuous wave of obturation technique에서 플러거의 다양한 적용 깊이에 따른 근단부 폐쇄효율 비교

이상진 · 박정길 · 허 복 · 김현철*

부산대학교 치의학전문대학원 치과보존학교실

이 연구의 목적은 continuous wave of obturation technique으로 근관 충전을 할 때, 다양한 heat source plugger의 깊이에 따른 근단부 근관 폐쇄능력을 비교하는 것이었다.

직선 형태 발거 소구치를 #35/.06 크기까지 니켈티타늄 파일을 사용하여 성형 및 세정하였다. 성형과 세정이 완료된 치아를 heat source plugger의 적용 깊이에 따라 15개씩 5군으로 분류하였다: 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm. 양성 대조군을 제외한 모든 근관은 E&Q plus (Meta Biomed Co., Chungju, Korea)를 사용하여 #35/.06 gutta-percha cone으로 충전하였다. 모든 치아의 근침공 주변 1 mm를 제외하고 nail varnish를 도포하였고 음성 대조군은 근침공을 포함하여 전체 면을 도포하였다. 모든 시편을 1% 메틸렌블루 용액에 72시간 동안 보관한 다음 치근침으로부터 1, 2, 3 mm 높이에서 수평으로 절단하였다. 각 단면을 12.5 × 2.5배 현미경하에서 관찰하고 디지털 카메라로 촬영하였다.

염색제 누출 평가를 위해 five-degree scoring system을 사용하였다. 각 절단면에서의 점수를 모두 합하여 한 시편의 점수로 사용하고 통계학적 분석을 하였다.

이 실험 조건하에서, 3 - 7 mm까지의 heat source plugger의 적용 깊이는 근단부 폐쇄에서 유의한 차이를 나타내지 않았다. 5 - 7 mm의 Buchanan's protocol을 포함한 3 - 7 mm를 모두 임상 적용에서 받아들여질 만하다고 보인다.

주요어: Continuous wave 충전법, Heat source, Plugging 깊이, 누출